



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 42 766 A 1

61 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H 05 H 1/46  
H 01 J 37/34  
C 23 C 14/35

21 Aktenzeichen: P 43 42 766.9  
22 Anmeldetag: 15. 12. 93  
43 Offenlegungstag: 22. 6. 95

DE 43 42 766 A 1

71 Anmelder:

Linnenbrügger, André, Dipl.-Ing., 38678  
Clausthal-Zellerfeld, DE

74 Vertreter:

Leine, S., Dipl.-Ing.; König, N., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 30163 Hannover

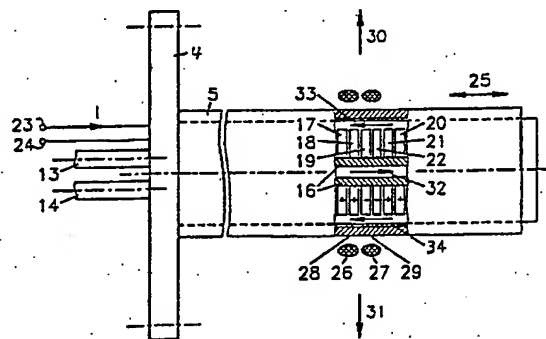
72 Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung

57 Die Erfindung betrifft eine Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung mit einem rohrförmigen Target und einem in dem Target angeordneten Magnetsystem. Das Magnetsystem besteht aus stromdurchflossenen Spulen (17-22). Für Gruppen (35; 36) von jeweils zwei oder mehreren in Achsrichtung aufeinanderfolgenden Spulen wird die Stromrichtung so gewählt, daß diese Spulen gleichsinnige Magnetfelder erzeugen. Es sind Mittel (54, 55) vorgesehen, mit denen die Richtungen der Ströme durch die Spulen (17-22) periodisch geändert werden können. Dadurch ist es möglich, eine Hin- und Herbewegung oder eine Wanderbewegung in Achsrichtung des von den Spulen (17-22) erzeugten Magnetfeldes zu erzielen. Damit ergibt sich eine im zeitlichen Mittel homogene Feldverteilung an der Targetoberfläche, so daß das Target (5) völlig gleichmäßig abgetragen und optimal ausgenutzt wird.



DE 43 42 766 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art.

Aus der EP-OS 03 00 995 A2 ist eine Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art bekannt, die ein rohrförmiges Target aufweist, innerhalb dessen axial hintereinander abwechselnd gegensinnig gepolte Permanentmagnete angeordnet sind. Die sich gegenüberliegenden Polflächen der Permanentmagnete sind zur Achse geneigt. Die Permanentmagnete, die um ihre gemeinsame Achse drehbar gelagert und drehangetrieben sind, erzeugen im Targetbereich kurze, gegensinnig gerichtete magnetische Einzelfelder, aufgrund derer die axiale magnetische Feldstärke entlang der Magnetanordnung nicht konstant ist, so daß auch der Abtrag der Targetoberfläche bei fester Magnetanordnung nicht konstant sein würde.

Zur Vermeidung eines in Achsrichtung unterschiedlichen Abtrags des Targets werden die Magnete um die Achse, gegen die sie geneigt sind, gedreht und in Tumbelbewegungen versetzt und dadurch die Einzelfelder hin- und herbewegt, so daß auch die Bereiche geringeren Abtrags bewegt werden und so ein gewisser Ausgleich des Abtrags erfolgt.

Ein Nachteil besteht jedoch darin, daß dieser Ausgleich nur schwer vollständig zu erreichen ist, da die erzielbare axiale Bewegung der Einzelfelder von den Größenverhältnissen der Magnete abhängt. Somit erfolgt immer noch ein in Achsrichtung inhomogener Abtrag des Targets. Außerdem ist die Drehung der Magnete kompliziert und erfordert einen hohen mechanischen Aufwand und zusätzlichen Platzbedarf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung der betreffenden Art zu schaffen, die die geschilderten Nachteile nicht aufweist, bei der also die Gleichmäßigkeit in Achsrichtung des Abtrags des Targets erhöht und bei der die Konstruktion vereinfacht ist.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebene Lehre gelöst.

Der Grundgedanke dieser Lehre besteht darin, die beweglichen Permanentmagnete durch ortsfeste Elektromagnete zu ersetzen und die Bewegung des von ihnen erzeugten Magnetfeldes durch die Steuerung der Stromrichtung durch die Spulen zu bewirken.

Da in einer erfindungsgemäßen Anordnung die Relativbewegung zwischen der Targetoberfläche und dem Magnetfeld ohne bewegte Teile erzielt wird, kann eine derartige Anordnung wesentlich einfacher und kostengünstiger hergestellt und mit höherer Zuverlässigkeit betrieben werden. Besonders vorteilhaft ist es, daß sich die von den Elektromagneten erzeugten Magnetfelder im Vergleich zu den Permanentmagneten über eine größere Wegstrecke bewegen lassen, so daß die Gleichmäßigkeit des Abtrags des Targets und damit die Ausnutzung des Targetwerkstoffs wesentlich erhöht wird.

Da die Elektromagnete im Vergleich zu Permanentmagneten keiner nennenswerten Alterung unterworfen sind, weist die Anordnung über ihre gesamte Lebensdauer exakt definierte Verhältnisse bezüglich der magnetischen Feldstärke und damit der Zerstäubungsrate und somit auch der Beschichtungsrate auf. Bei Verwendung von Elektromagneten kann das Magnetfeld auch während des Beschichtungsprozesses durch Variation

der Ströme durch die Spulen beeinflusst werden. Da das Magnetfeld nur während des Beschichtungsprozesses vorhanden ist, werden Anlagerungen von magnetisierbarem Material an der Targetoberfläche weitgehend vermieden, die den Beschichtungsprozeß beeinträchtigen können. Außerdem kann die gesamte Anordnung durch computergestützte Berechnungen bezüglich Magnetfeldverlauf und -stärke ausgelegt und optimiert werden.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung sind die Mittel zur Änderung der Richtung der Ströme durch die Spulen durch Schalter gebildet. Die Schalter können beliebig ausgestaltet sein, z. B. als mechanische Schalter, Halbleiterschalter oder Kommutatoren. Es ist aber auch möglich, die Änderung der Stromrichtung durch eine Speisung mit phasenversetzten Wechselströmen zu bewirken.

Im einfachsten Fall ist die axiale Bewegung des magnetischen Feldes eine Hin- und Herbewegung. Besonders zweckmäßig ist jedoch eine Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 3, mit der erreicht wird, daß die von den Spulen erzeugten Felder in Achsrichtung wandern. Dabei bilden jeweils wenigstens drei Spulen eine Gruppe, und die Stromrichtung durch die Spulen an einer Grenze der Gruppe wird so gesteuert, daß sich das von dieser Gruppe erzeugte Magnetfeld in Achsrichtung bewegt. Auf diese Weise ergibt sich eine im zeitlichen Mittel homogene Verteilung der magnetischen Feldstärke an der Targetoberfläche und ein völlig gleichmäßiger Abtrag des Targets, so daß nicht nur das Target optimal ausgenutzt wird, sondern auch auf der zu beschichtenden Fläche eine gleichmäßige Beschichtung gebildet wird.

Zweckmäßigerweise können die Spulen auf einem Träger angeordnet sein, der vorzugsweise aus einem ferromagnetischen Material besteht, so daß das von den Spulen erzeugte Magnetfeld verstärkt wird.

Auch ist es zweckmäßig, daß die Spulen supraleitend sind, indem sie entsprechend gekühlt werden.

Das rohrförmige Target kann einen beliebigen, z. B. kreisförmigen oder vieleckigen Querschnitt haben.

Anhand der Zeichnungen wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Gesamtansicht eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung in prinzipieller, teilweise geschnittener Darstellung.

Fig. 2 zeigt einen Teil von Fig. 1 mit dem Target.

Fig. 3 zeigt die Schaltung des Magnetsystems in dem Target gemäß Fig. 2 mit einem Zeitdiagramm von Stromrichtungen.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer anderen Schaltung zur Speisung einer Gruppe von drei in Reihe geschalteten Spulen und

Fig. 5 ist ein Zeitdiagramm für die Richtungen von Strömen durch die Spulen in Fig. 4.

In Fig. 1 zeigt eine Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung zum Beschichten der Innenflächen zylindrischer Lagerschalen. Ein Behälter 1 und eine Frontplatte 2 bilden eine gasdichte Kammer, die häufig auch als Rezipient bezeichnet wird. In einer Bohrung 3 der Frontplatte 2 ist ein Einbaufansch 4 angeordnet und mit nicht dargestellten Schrauben an der Frontplatte 2 befestigt. Der Einbaufansch 4 hält ein rohrförmiges Target 5. In einem zu dem Target 5 koaxialen, rohrförmigen Trägerelement 6 sind zu beschichtende Lagerschalen 7-10 angeordnet. In der Unterseite des Behälters 1 ist ein Stutzen 11 vorgesehen, an den eine nicht dargestell-

te Pumpe anschließbar ist, mit der vor dem Beginn des Beschichtungsprozesses in dem Rezipienten die erforderlichen Gas- und Gasdruckverhältnisse hergestellt werden können. Ein für den Beschichtungsprozeß erforderliches Prozeßgas wird über eine durch die Frontplatte 2 geführte Zuleitung 12 und eine nicht dargestellte Einlaßöffnung in das Innere der Kammer eingeleitet.

Im Inneren des Targets 5, dessen Oberfläche aus einem Beschichtungswerkstoff besteht, befindet sich ein nicht dargestelltes Elektromagnetsystem zur Erzeugung eines für den Beschichtungsprozeß benötigten axialen Magnetfeldes. Um eine thermische Belastung des nicht dargestellten Elektromagnetsystems und des Targets 5 durch bei dem Beschichtungsprozeß entstehende Wärme zu verhindern, wird über eine durch die Frontplatte 2 geführte Zuleitung 13 Kühlflüssigkeit in im Inneren des Targets 5 liegende, nicht dargestellte rohrförmig ausgebildete Bereiche eingeleitet. Die erwärmte Kühlflüssigkeit wird über eine Ableitung 14 aus dem Inneren des Targets 5 herausgeführt. Um die thermische Belastung der zu beschichtenden Lagerschalen 7–10 während des Beschichtungsprozesses herabzusetzen, ist ein spiralförmiger, von einer Kühlflüssigkeit durchflossener Kanal 15 vorgesehen.

Bei Betrieb der Anordnung, also während des Beschichtungsprozesses, bilden die zu beschichtenden Lagerschalen 7–10 die Anode und das Target 5 die Kathode. Die entsprechende Beschaltung wird durch nicht dargestellte Anschlußelemente und elektrische Zuleitungen erreicht. Während des Beschichtungsprozesses sind das Target 5 mit dem darin befindlichen Elektromagnetsystem und die zu beschichtenden Lagerschalen 7–10 in ihrer Lage zueinander fixiert, so daß keinerlei während des Beschichtungsprozesses zu bewegendes Bauteile erforderlich sind.

Fig. 2 zeigt vergrößert und teilweise geschnitten das in Fig. 1 dargestellte Target 5 und dient zur Verdeutlichung der Anordnung und Funktion des in Fig. 1 nicht dargestellten Magnetsystems. Im Inneren des Targets 5 sind auf einem rohrförmigen Trägerelement 16, das aus ferromagnetischem Material besteht, zylindrisch geformte Spulen, von denen nur die Spulen 17–22 bezeichnet sind, in einer Reihe angeordnet. Über nur schematisch dargestellte externe Anschlüsse 23 und 24 können die Spulen 17–22 mit einem Speisestrom I gespeist werden, so daß sie jeweils eine Magnetfeldkomponente in axialer Richtung erzeugen. Das resultierende, für den Beschichtungsprozeß wirksame Magnetfeld ergibt sich aus der Überlagerung aller, von den einzelnen Spulen 17–22 usw. erzeugten Magnetfeldkomponenten.

Während des Beschichtungsprozesses bilden sich an der Oberfläche des Targets 5 Plasmaringe aus, von denen nur zwei Plasmaringe 26 und 27 beispielsweise dargestellt sind. In Erosionszonen 28 bzw. 29 unterhalb der Plasmaringe 26 und 27 erfolgt ein Abtrag des Targetwerkstoffes, und der auf diese Weise zerstäubte Targetwerkstoff bewegt sich in diesem Bereich des Targets 5 in Richtung von Pfeilen 30 bzw. 31 zu den zu beschichtenden Flächen der durch die in Fig. 1 dargestellten Lagerschalen 7–10 gebildeten Anode. Durch eine axiale Bewegung des Magnetfeldes bewegen sich die Plasmaringe 26 und 27 und natürlich auch die nicht dargestellten Plasmaringe der nicht mit Bezugszeichen versehenen weiteren Spulen und damit auch die Erosionszonen 28 und 29 und die weiteren Erosionszonen in axialer Richtung entlang der Oberfläche des Targets 5, so daß auf diese Weise entlang der Oberfläche des Targets 5 ein gleichmäßiger Abtrag des Targets 5 erzielt und die bei

ortsfestem Magnetfeld und damit ortsfesten Erosionszonen zwangsläufige Grabenbildung vermieden wird. Durch das Innere des rohrförmigen Trägerelements 16 wird Kühlflüssigkeit in Richtung eines Pfeiles 32 zugeleitet und über einen rohrförmigen Bereich 33 in Richtung eines Pfeiles 34 abgeleitet.

Fig. 3 zeigt in schematischer Darstellung eine Schaltung zur Speisung einer Gruppe 35 von Spulen 17–19 und dient dazu, die Erzeugung eines axialen magnetischen Wanderfeldes zu verdeutlichen, wobei die Speisung einer Gruppe 36 von Spulen 20–22 und der übrigen, nicht bezeichneten Spulen in gleicher Weise erfolgt. Die Wicklungsrichtung der Spulen 17–22 usw. ist durch + und – Zeichen 37 symbolisiert. Das durch die Spulen gebildete Magnetsystem wird durch Speiseströme I4, I5 und I6 über schematisch dargestellte Anschlüsse 38, 39 und 40 gespeist.

In der Darstellung unterhalb der Spulen 17–22 ist die Polung und damit das Vorzeichen der axialen magnetischen Induktion der Spulen in aufeinanderfolgenden zeitlichen Phasen I, II und III durch + und – Zeichen 44–50 verdeutlicht, so daß ersichtlich ist, daß ein in Achsrichtung wanderndes magnetisches Feld erzeugt wird.

In der Phase I haben die Speiseströme I4, I5 und I6 zu den Anschlüssen 38, 39 und 40 durch Pfeile 41, 42 und 43 angedeutete Richtungen. Daraus ergeben sich unter Berücksichtigung der Wicklungsrichtungen der Spulen 17–22 für die Gruppe 35 mit 44, 45 und 46 bezeichnete Polungen der Spulen 17, 18 und 19 und eine mit 47 bezeichnete resultierende Polung. In entsprechender Weise ergeben sich für die Gruppe 36 mit 48, 49 und 50 bezeichnete Polungen der Spulen 22, 21 und 20 und eine mit 51 bezeichnete resultierende Polung.

In der Phase II wird die Richtung des Speisestromes I6 umgekehrt, so daß der Speisestrom 16 bezüglich des Anschlusses 40 eine zu dem Pfeil 43 entgegengesetzte Richtung hat. Damit werden die Polungen der von dem Speisestrom I6 gespeisten Spulen 17 und 22 umgekehrt, so daß eine Gruppe 35' gleichsinniger Durchflutung nunmehr von den Spulen 18, 19 und 22 gebildet wird. Eine Grenzfläche 52 zwischen negativer und positiver Polung von Spulen hat sich damit in axialer Richtung um einen Schritt d1 in Richtung eines Pfeiles 53 fortbewegt.

In der Phase III wird die Richtung des Speisestromes I5 umgekehrt, so daß der Speisestrom I5 bezüglich des Anschlusses 39 eine zu dem Pfeil 42 entgegengesetzte Richtung hat. Damit werden die Polungen der von dem Speisestrom I5 gespeisten Spulen 18 und 21 umgekehrt, so daß eine Gruppe 35'' gleichsinniger Durchflutung nunmehr von den Spulen 19, 22 und 21 gebildet wird. Die Grenzfläche 52 zwischen negativer und positiver Polung von Spulen hat sich damit um einen Schritt d2 in Richtung des Pfeiles 53 fortbewegt.

Auf diese Weise wird ein in Achsrichtung wanderndes magnetisches Feld erzeugt. Die Geschwindigkeit, mit der sich das magnetische Wanderfeld in axialer Richtung fortbewegt, ist durch die Frequenz der beschriebenen Umschaltung bestimmt. Diese Frequenz ist in weiten Grenzen wählbar.

Fig. 4 zeigt eine andere Schaltung zur Speisung von jeweils drei in Reihe geschalteten Spulen 17–19. Es befindet sich zwischen den Spulen 17 und 18 ein Polwendeschalter 55 und zwischen den Spulen 18 und 19 ein Polwendeschalter 54. Die Polwendeschalter 54 und 55 sind durch eine nicht dargestellte Taktschaltung gesteuerte Schalter.

Die Art der Taktsteuerung ergibt sich aus Fig. 5, in

der in drei zeitlich aufeinanderfolgenden, mit I, II und III bezeichneten Phasen die Richtungen der Ströme durch die Spulen 17—19 dargestellt sind. Die Speisung der übrigen Gruppen von Spulen 20—22 usw. erfolgt in entsprechender Weise.

In der Phase I befindet sich der Polwendesalter 54 in einer mit 59, 59' bezeichneten Stellung, während sich der Polwendesalter 55 in einer mit 60, 60' bezeichneten Stellung befindet. Die Reihenschaltung der Spulen 17—19 wird mit einem zunächst in Richtung eines Pfeiles 58 fließenden Strom I gespeist, so daß die Speiseströme 13 für die Spule 19, 12 für die Spule 18 und 11 für die Spule 17 die mit Pfeilen 61, 62 und 63 symbolisierten Richtungen haben.

In der Phase II bringt die Taktschaltung den Polwendesalter 55 in eine mit 64, 64' bezeichnete Stellung, so daß die Richtung des Speisestromes 11 für die Spule 17 umgekehrt wird und nunmehr die Richtung eines mit 65 bezeichneten Pfeiles hat. Der Polwendesalter 54 befindet sich weiterhin in der mit 59, 59' bezeichneten Stellung. Die Speiseströme 13 für die Spule 19 und 12 für die Spule 18 haben somit weiterhin die mit den Pfeilen 61 und 62 symbolisierten Richtungen.

In der Phase III bringt die Taktschaltung den Polwendesalter 54 in eine mit 66, 66' und den Polwendesalter 55 wieder in die mit 60, 60' bezeichnete Stellung. Dadurch wird die Richtung des Speisestromes 12 für die Spule 18 umgekehrt und hat nunmehr die mit einem Pfeil 67 symbolisierte Richtung, während die Speiseströme 13 für die Spule 19 und 11 für die Spule 17 weiterhin die mit den Pfeilen 61 bzw. 65 symbolisierten Richtungen haben.

In einer vierten, nicht dargestellten Phase haben die Ströme 13 für die Spule 19, 12 für die Spule 18 und 11 für die Spule 17 die gleiche, aber gegenüber der Phase I entgegengesetzte Richtung.

Insgesamt hat sich somit das zunächst von den Spulen 17—19 erzeugte magnetische Feld um die Strecke der axialen Ausdehnung dieser Spulen 17—19 weiterbewegt, es wird jetzt von den Spulen 20—22 in Fig. 3 erzeugt. Die Richtung des Feldes der Spulen 17—19 hat sich dabei umgekehrt. Entsprechend haben sich auch die Bereiche geringen Abtrags der Targetoberfläche, die zwischen zwei Spulen unterschiedlicher Polung gebildet sind, um die Strecke der axialen Ausdehnung der Spulen 17—19 bewegt, so daß dadurch eine gleichmäßige Abtragung der Targetoberfläche erreicht ist.

ze einer Gruppe von Spulen liegende Spulen periodisch ändern.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Änderung der Stromrichtung durch die Spulen (17—22) durch Schalter (54, 55) gebildet sind.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede Gruppe von Spulen (35; 36) aus wenigstens drei Spulen (17—19; 20—22) besteht und daß die Schalter (54, 55) die Stromrichtung durch die an einer Grenze einer Gruppe von Spulen (17—19; 20—22) liegenden Spulen (17; 22) derart steuern, daß das von einer Gruppe (35; 36) von Spulen gemeinsam gebildete magnetische Feld sich mit jeder Umschaltung in Achsrichtung über eine Strecke bewegt, die wenigstens der Axialausdehnung einer Spule (17—22) entspricht.

4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Spulen (17—22) auf einem oder mehreren, vorzugsweise aus ferromagnetischem Material bestehenden Trägerelementen (16) angeordnet sind.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (17—22) supraleitend sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Magnetron-Zerstäuberquellenanordnung mit einem rohrförmigen Target, mit einem in dem Target angeordneten Magnetsystem, das mehrere in Achsrichtung hintereinander angeordnete Magnete abwechselnd unterschiedlicher Polrichtung aufweist und mit Mitteln zur axialen Bewegung der von den Magneten erzeugten Felder, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete durch stromdurchflossene Spulen (17—22) gebildet sind, daß die Stromrichtung durch Gruppen von jeweils wenigstens zwei benachbarten Spulen so gewählt ist, daß diese gleichsinnige magnetische Felder erzeugen und daß zur axialen Bewegung der jeweils von wenigstens zwei benachbarten Spulen erzeugten magnetischen Felder Mittel vorgesehen sind, die die Richtung des Stromes durch an einer Gren-

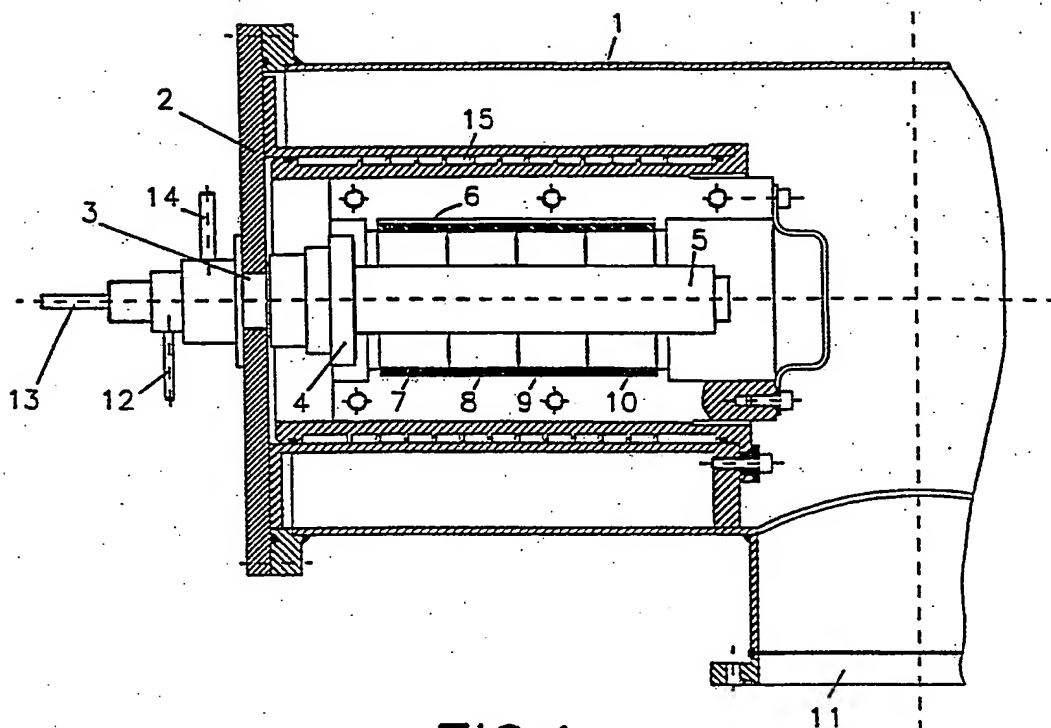


FIG. 1

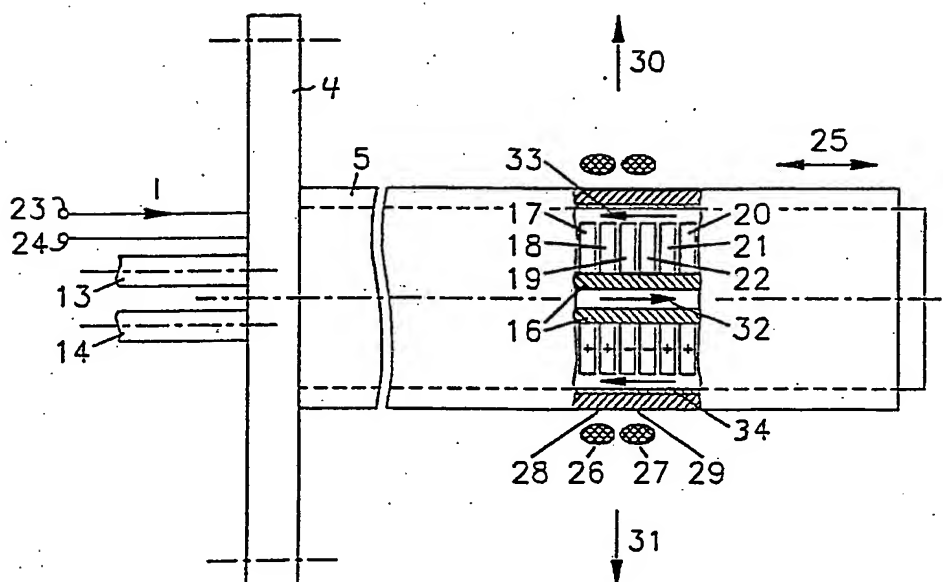


FIG. 2

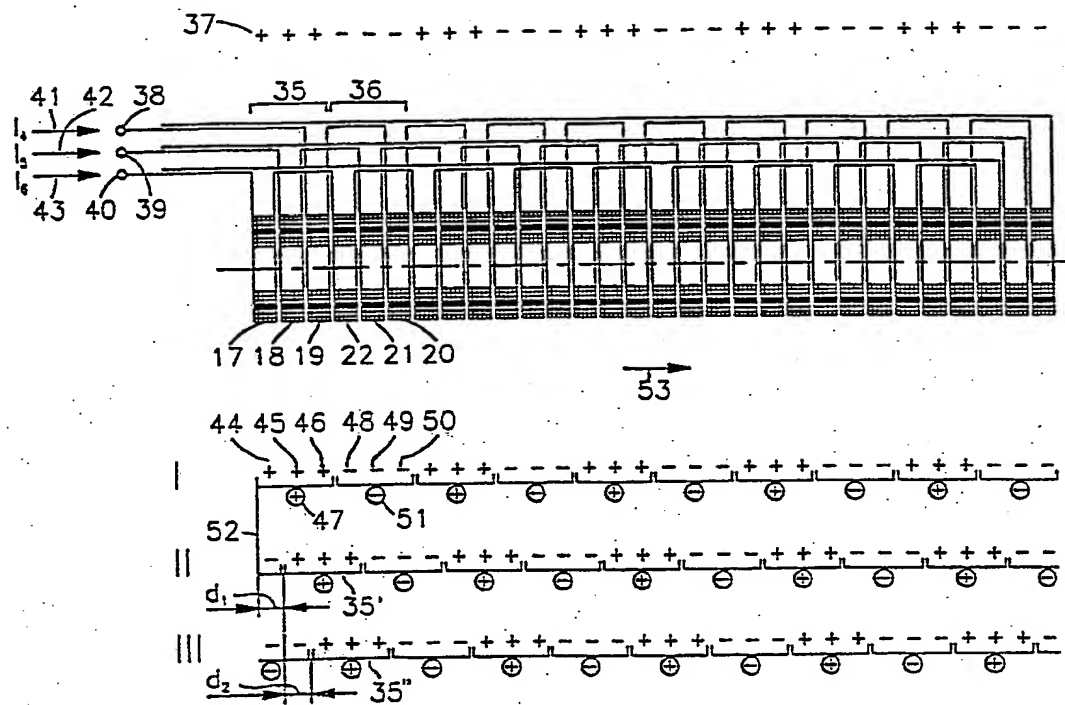


FIG. 3

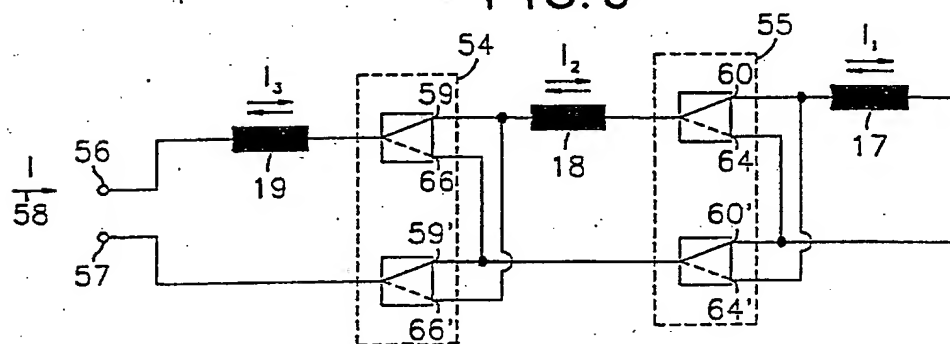


FIG. 4

I	$\frac{+I_3}{61}$	$\frac{+I_2}{62}$	$\frac{+I_1}{63}$
II	$\frac{+I_3}{61}$	$\frac{+I_2}{62}$	$\frac{-I_1}{65}$
III	$\frac{+I_3}{61}$	$\frac{-I_2}{67}$	$\frac{-I_1}{65}$

FIG. 5

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**